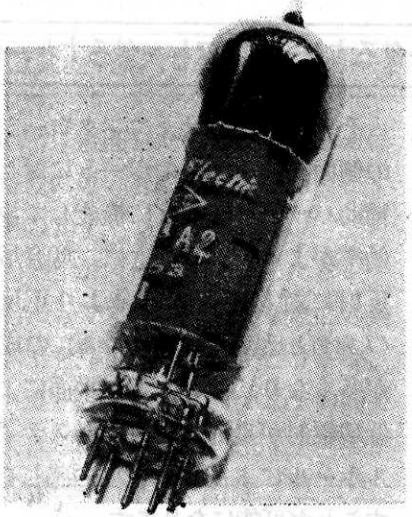
″OTL 球 6R-A2 の使い方と問

3極出力管の最適負



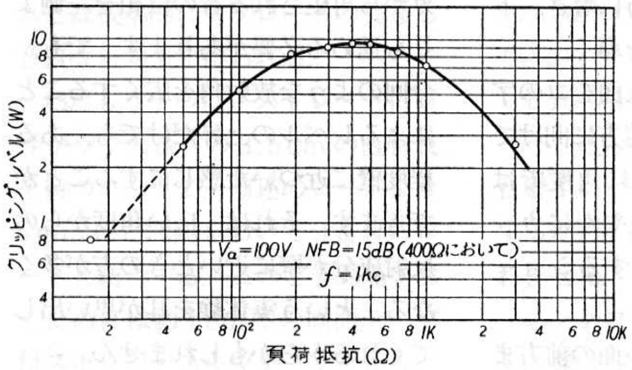
OTL 用として発売された 6R-A2（NEC）について，本誌8月号に詳細に報告され，そのなかで，とくに武末氏からいろいろ貴重なご意見をいただいています．さらに負荷抵抗がなんΩでよいかという点について，私どもの発表データが 200Ω になっているのに対し，実測として 400Ω くらいになったことのムジュンをつかれています．これらの点について，お答えをかねて，出力管の負荷抵抗はどのようにきめられているかを説明し，また8月号の私の記事について，少し補足をさせていただきます．

（一木）

一般には，出力のいちばん大きくなる負荷抵抗を，最適負荷抵抗と呼びますが，実際には球屋のデータをそのまま信用して，動作例にのっている負荷抵抗を，最適負荷抵抗と無条件に考えられて，設計し製作される方が多いようです．武末氏は，もちろんこんな方法ではなく，いろいろ負荷抵抗を変えて実験された結果，**第1図**のようなデータから約 400Ω が最適だとの結論を得られています．

さらに「SEPP 回路で，最大効果を与える R_L の値は，動作基点付近での単管の r_p にひとしくすればよく，そこでその点で，また最大出力が得られるはずだと考えています．そして，これはまたつぎのような事実とも関連があります．すなわち SEPP 回路で，最大出力を与える負荷抵抗は無帰還のときの，この回路の出力インピーダンス（内部抵抗）の2倍となるということです.」と説明されています．

以上のお考えは具体的のデータをつけての説明であるだけに，私としてもこれを否定しようというわけではありません．しかし，これがすべての場合にあてはまるのかということになりますと，かなり問題があるのではないでしょうか？



第1図—負荷抵抗対出力特性曲線

いったい，最適負荷とはなんのことでしょうか？ 目的にいちばんかなった負荷であることは説明するまでもありませんが，これを逆にみますと，目的によって負荷が変ってよいのだとも考えられます．万能の最適負荷はありません．

目的としては，

① プレート電圧が一定のとき出力が最大になる．

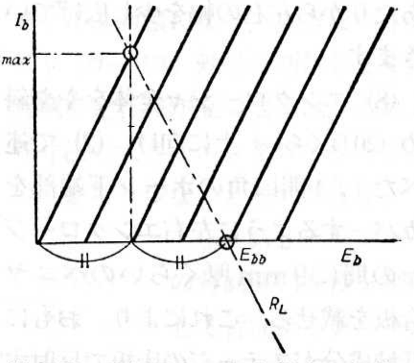
② ひずみがある値をこさない範囲で，出力最大．

③ 負荷抵抗がある範囲内で変っても，出力があまり変らないこと．

④ プレート能率がある値より悪くならないこと．

⑤ プレート損失やプレート電流が球の最大定格をこさないこと．

⑥ A級シングル，A級プッシュ，AB級プッシュのいずれか？ といったことが考えられ，場合によっては（むしろ その方が 普通），上記のいくらかが，同時に成立することが，要求されることもあります．



第3図—B級 PP で出力最大の条件

球にひずみがなくて，理想的なときの最適負荷抵抗

3極管の特性を，**第2図**のように理想化して考えます．

①A級シングル

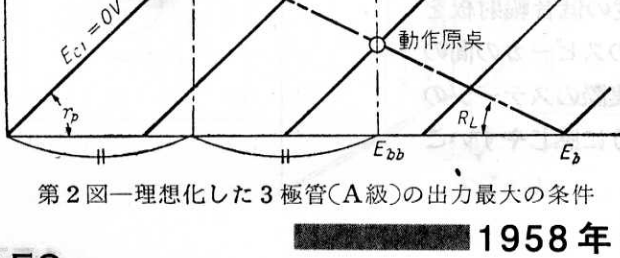
$$R_L=2r_p \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

が最大出力の条件であり，出力は

$$P_0=\frac{1}{16}\cdot E_{bb}^2/r_p \quad \cdots\cdots\cdots(2)$$

であることは，説明を要しないでしょう．

②A級プッシュプル



第2図—理想化した3極管（A級）の出力最大の条件

題点"の補足

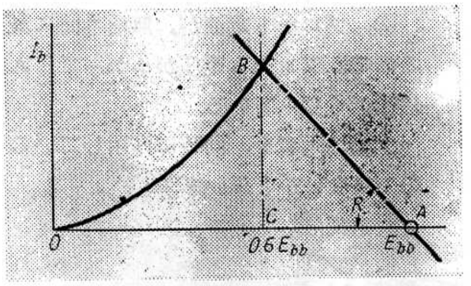
荷抵抗とはなにか

一木吉典

負荷抵抗は両プレート間の値で示しますので，シングルのときの4倍になりますが，球が2本ですので，この半分になり，けっきょく2倍になります．したがって，

$R_L=4r_p$ ……………………………(3)

$P_0=\frac{1}{8}E_{bb}{}^2/r_p$ ………………(4)



第4図一実際の PP の出力最大の条件

③ SEPP（A級）

8月号で説明しましたように，2本の球を並列にしたのと同じことになりますので，

$R_L=r_p$ ……………………………(5)

$P_0=\frac{1}{8}E_{bb}{}^2/r_p$ ………………(6)

④B級プッシュプル

第3図のようになり，

$R_L=4r_p$

$P_0=\frac{1}{8}E_{bb}{}^2/r_p$

であり，A級プッシュプルとまったく同一になりました．

⑤その他のプッシュプル

A級でもB級でもプッシュのとき負荷抵抗も出力も変らないことから，AB級でも同様であろうということは，容易に想像できるところです．もっともひずみがこの場合問題となることに注意してください．

実際の3極管プッシュプルの最適負荷抵抗

NFB が十分かけられているかぎりでは，特性曲線の彎曲は問題となりませんから，上記の理想的な場合と近似して考えてよいわけです．

第4図の場合，出力 P_0 は出力電圧と電流の波高値がそれぞれAC，BCですから，

$$P_0=\frac{1}{2}\overline{AC}\times\overline{BC}=\triangle ABC$$

バイアスが0Vの E_b-I_b 特性曲線を3/2 乗特性として，△ABC の面積が最大になる条件を求めますと，

$$AC=0.6\overline{CO}=0.6E_{bb}$$

になります．したがって 0.6E_{bb} の点Cをとり垂線を立て，E_c=0V の特性曲線との交点Bを求め，ABを結べば，ABが最適負荷抵抗線であり，この傾斜の抵抗値（$\overline{AC}/\overline{BC}$）をRとすれば，一般のプッシュで

$R_L=4R$ ……………………………(7)

SEPP で，$R_L=R$ ……………(8)

となり，A級・AB級・B級の差別はありません．出力は

$$\left.\begin{aligned}\overline{AC}&=(1-0.6)E_{bb}\\ \overline{BC}&=\overline{AC}/R\end{aligned}\right\}$$

ですから

$$P_0=\frac{1}{2}\left\{(0.4)E_{bb}\right\}^2/R$$

$\therefore\ P_0=0.08E_{bb}{}^2/R$ …(9)

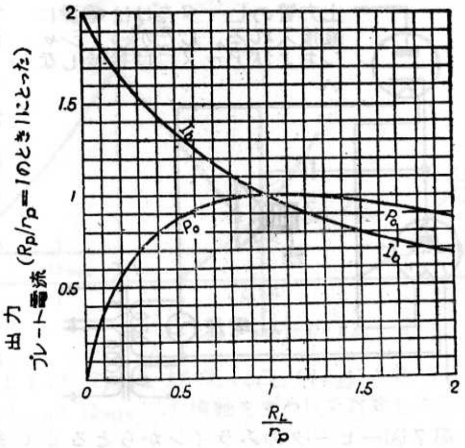
として求められます．

(8)，(9)式で内部抵抗 r_p をもちいないのは，それ相当のわけがあるのです．ご承知のように，r_p は球にかかっている電極電圧によって変り，3/2 乗法則にしたがうとしても，

$r_p\propto I_b{}^{-\frac{1}{3}}$ ……………………………(10)

となり，一定でないからです．

球のカタログを見ますと，静特性として r_p が発表されていますが，この r_p はある動作原点（実際のセットでの動作原点とはまったく無関係）の値であって，これをそのまま適用することはできません．



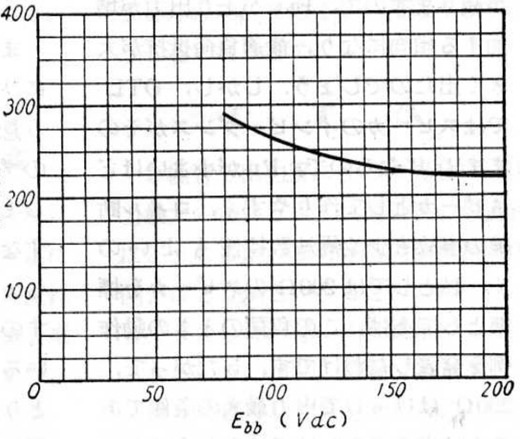
第5図一負荷抵抗による出力電流の変化

出力最大の負荷抵抗（最適負荷抵抗）からはずれた R_L ではどうなるか？

最適負荷抵抗と異なった R_L で使うと，どうなるかということを，**第3図**の場合について調べたのが，**第5図**です．この図から，

① 負荷抵抗の大きいほど能率がよくなり，プレート電流も減る．

② R_L は小さすぎるよりも，大きすぎた方が出力の減少が少くて，このましい．

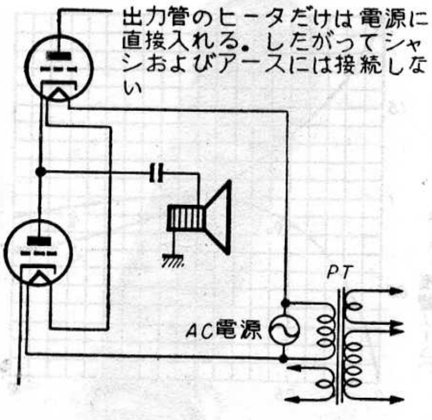


第6図一プレート電圧と最適負荷抵抗の関係

③ 最適負荷抵抗の½～2倍の範囲の R_L の変化に対し，出力は約 10% しか変らない．

したがって「負荷抵抗が，最適負荷抵抗から少しぐらい狂ったからといって，心配する必要がない」

ということになり，われわれは安心して，多少いいかげんの設計もできるわけです．


出力管のヒータだけは電源に直接入れる．したがってシャシおよびアースには接続しない
PT
AC電源

第7図—ヒータのみラインからとる

6R-A2 の使用例と最適負荷抵抗

6R-A2 について，特性曲線（本誌8月号 p61）から，出力最大の負荷抵抗のRを求めたのが**第6図**です．したがって，SEPP ならこのRが最適負荷抵抗になるべきで，動作例もまたこれにしたがうべきかもしれません．

この図からは，150V で 230Ω になり，**第1図**の 400Ω とかなり異ってしまいました．この原因はプレート電源の電圧変動にあるのではないでしょうか？ R_L の小さいほどプレート電流が減りますので，E_{bb} が上り出力が増加する傾向になり，最適負荷抵抗が大きく出たのでしょう．しかし，OTL ではスピーカのインピーダンスがそのままR_L になるので，R_L が小さいほどスピーカとして作りやすく，コイル断線の事故も少く周波数特性もよいので，私としては 200Ω のスピーカを標準としてあげ，この負荷のときの動作例を発表したわけです．したがって，200Ω はけっして出力最大の条件であるとは考えてるわけではありません．

あるいは 200Ω のスピーカを考えているのなら，なぜ 200Ω が最適負荷抵抗になるような球を設計しなかったのかと叱られそうです．

たしかにこの意見はもっともなわけでして，球屋としてもこのような球の開発を考えたのです．しかし，6R-A2 よりも，さらに内部抵抗の低い球を作ろうとしますと，μ を下げることになり，バイアスが深くなりますので，固定バイアスならいざしらず，一般に使われるカソード・バイアスでは，カソード・バイアス分だけ有効なプレート電圧がさがってしまいますので，同一のプレート電源電圧では，かえって出力が減ってしまうことになりかねません．

事実本誌8月号 p49 に発表しましたように，さらに r_p の低い（μ も低くなる）球も試作したのですが，作りにくくなるだけで，ほとんど利点がない結果になってしまったのです．

したがって，200Ω を目標として設計したのですが，最適負荷抵抗は 200～300Ω の球になってしまいました．

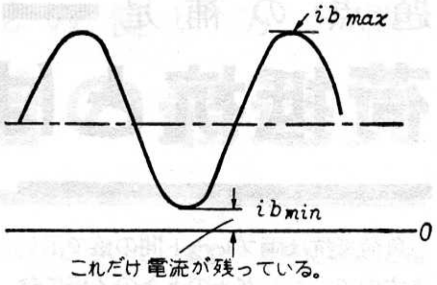
しかし前項で説明しましたように，最適値の半分くらいまでの負荷抵抗でも，ほとんど出力はさがっていませんので，実用上は，200Ω の負荷でよいと思っています．

武末氏の r_p と最適負荷抵抗の関係式についての私見

冒頭にあげておきました，武末氏の意見について，これまでに説明したことをもととして，私見を申しあげましょう．

まず「動作基点付近での単管の r_p にひとしくする」とあるのは，どういう意味でしょうか？ 動作基点はＡＢのプッシュのときの動作基点のことでしょうか？ あるいは，単管の動作例すなわちＡ級アンプのときの動作例でしょうか？ このような質問を出しますのは，ＡＢ級アンプの動作原点は，いろんなとり方がありますので，そのとり方によってプレート電流は大きく変り，したがって r_p も大きく変化するからです．

$r_p=R$ になるような条件の，プレート電流を調べてみますと，大体のところＡ級増幅の場合に相当することがわかります．すると，武末氏の意見は，Ａ級の動作原点でないとしますと（多分にそうだと思います），つぎのことを考えに入れて，はじめて成立するようです．



第8図—$i_{b\,min}$ のある I_b の波形

① 入力信号のない場合（出力ゼロのとき）に，カソード・バイアスであるために，動作原点が最大出力時の動作原点（ＡＢ級でかなり深くなっている）からはずれて，Ａ級に近くなっている．

② プレート電流が，無信号時に減るので，プレート電圧があがって，Ａ級に近くなっている．

上記の両者を，同時に作用しているのではないかと思います．

武末氏は，さらに「回路の出力インピーダンスの2倍になる」と述べられていますが，これは SEPP では2本の球が並列に入った形になりますので，r_p の半分の出力インピーダンスになることから，当然でる結論であり，単球の場合の考え方とまったく同じことです．

以上のことから，私は出力管の最適負荷抵抗をあまり神経質に考えません．しかも r_p と関連づけることは，むしろ誤りをおかす危険があるので，さけた方がよいと考えています．

6R-A2 に対する武末氏のその他のご意見について

① ＨＫ間の耐圧

6R-A2 のＨＫ間の耐圧の最大定格が，200V として発表されています．これは，ご指摘のように，たしかに不合理であって，私どもの誤りであったことを率直に認めるとともに，いろいろご心配をおかけしたことを，深くおわび申しあげます．

球についていろいろ調査し，寿命試験もして，さらに設計的にも対策をとった上で，ＨＫ間の電圧の最大定格を 350Vmax と訂正いたしました（ただしヒータ＋は 100VDC まで）．